

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

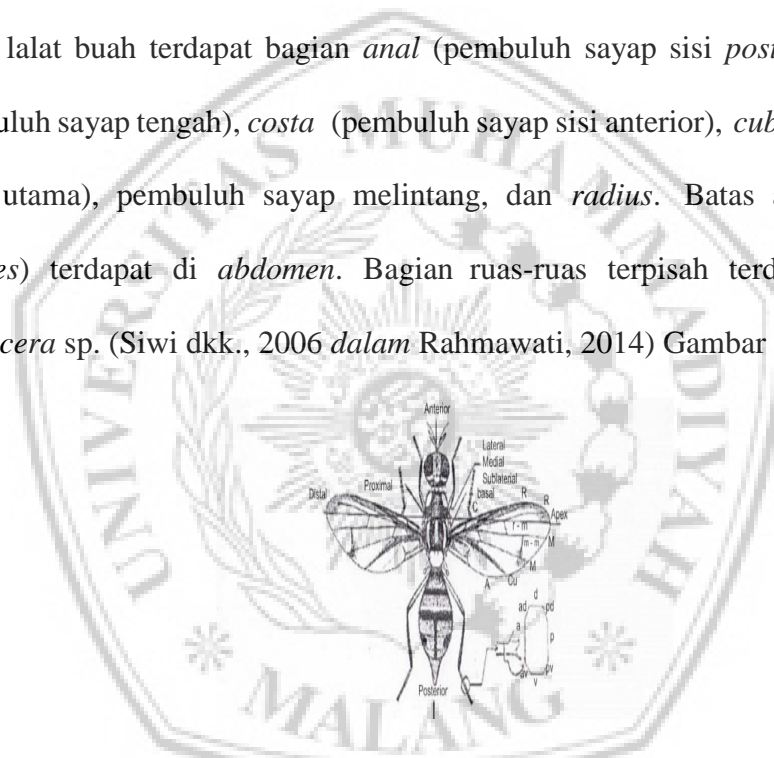
2.1 Buah Belimbing (*Averrhoa carambola* L.)

Buah belimbing atau disebut *star fruit* dalam bahasa Inggris adalah tumbuhan berasal dari daerah tropis. Buah yang muda berwarna hijau kekuningan dan buah tua berwarna kuning kemerahan. Tinggi tanaman mencapai 12 meter dengan percabangan mengarah mendatar, berbunga, dan berbuah sepanjang tahun (O'Hare, 1993 dalam Muhlison, 2016). Pertumbuhan buah belimbing dan produksi buah dengan kualitas baik sangat berpengaruh terhadap lingkungan sekitar yaitu ditanam pada daerah yang memiliki tipe iklim A (12 bulan basah dan 0 kurang), tipe iklim B (6 – 9 basah dan 0 – 5 kering), dan tipe C (daerah dengan bulan kering lebih dari 4 bulan). Ketinggian tempat pada daerah rendah <500 dpl, iklim bersuhu antara 23 – 27°C, kelembapan udara 60 – 70%, dan pH 5,5 – 7,5 (Cahyono, 2010 dalam Handayani, 2015).

Buah terdiri lima rusuk, jika dipotong melintang berbentuk bintang. Panjang buah sekitar 4 – 12,5 cm, mengandung banyak air buahnya, berdaging, dan rasanya manis sampai asam. Biji berwarna putih kotor kecoklatan, berbentuk *elips* dan pipih dengan kedua ujung lancip. Daun berbentuk majemuk dengan panjang 1,75 – 9 cm dan lebar 1,2 – 4,5 mm, menyirip ganjil dengan anak daun berbentuk bulat telur, ujung runcip, tepi rata, permukaan atas mengkilap, permukaan bawah haur, bunga majemuk tersusun rapi, warnanya merah keunguan, keluar dari ketiak daun, ujung cabang, dan dahannya (Dasgupta dkk., 2013 dalam Muhlison, 2016).

2.2 Lalat Buah

Klasifikasi lalat buah adalah kingdom *Animalia*, pilum *Arthropoda*, kelas *Insecta*, famili *Tephritidae*, genus *Bactrocera*, dan spesies *Bactrocera* spp. (Drew dan Hancock, 1994). Ciri morfologi lalat buah memiliki kepala terdiri dari antenna, mata, dan bercak disebut *facial spot*. Pada *dorsum toraks* ada dua bagian yaitu *skutelum* (*dorsum toraks* bawah) dan *skutum* atau *mesonotum* (*dorsum toraks* atas). Sayap lalat buah terdapat bagian *anal* (pembuluh sayap sisi *posterior*), *median* (pembuluh sayap tengah), *costa* (pembuluh sayap sisi anterior), *cubitus* (pembuluh sayap utama), pembuluh sayap melintang, dan *radius*. Batas antar ruas-ruas (*tergites*) terdapat di *abdomen*. Bagian ruas-ruas terpisah terdapat di genus *Bactrocera* sp. (Siwi dkk., 2006 dalam Rahmawati, 2014) Gambar 1.



Gambar 1. Morfologi lalat buah (Sumber : Siwi dkk., 2006)

Keterangan : a = *anterior*; ad = *anteroventral*; d = *dorsal*; p = *posterior*; pd = *posterodorsal*; pv = *ventral*; c = *costa*; a = *anal*; cu = *cubitus*; M = *median*; R = *radius*; r-m = pembuluh sayap melintang; dm-cu = pembuluh sayap melintang.

Menurut Kardinan (2003) dalam Rahmawati (2014), menyatakan bahwa lalat buah dewasa membutuhkan karbohidrat, asam amino, *sterols*, vitamin, dan mineral. Lalat buah hidup selama 1 – 3 bulan. Panjang tubuh lalat buah dewasa adalah sekitar 5 mm dan sayap berukuran 10 mm (Weems dan Nation, 2013 dalam

Rahmawati, 2014). Menurut Weems dan Nation Fasulo (2012) *dalam* Rahmawati (2014), menyatakan bahwa lalat buah jantan dan betina yang dewasa memiliki perbedaan didaerah posteriornya yaitu ovipositor (Gambar 2.). Lalat buah betina dewasa memiliki ovipositor berukuran maksimal 3 mm dibagian posterior, berfungsi sebagai peletakkan telur. Namun lalat buah jantan dewasa tidak mempunyai ovipositor. Melalui kulit buah lalat buah betina meletakkan telur sedalam 2 – 4 mm pada buah. Setiap harinya lalat buah betina dapat meletakkan telur 10 – 12 dan meletakkan telur 200 – 250 saat lalat buah betina masih hidup.



Gambar 2. Perbedaan lalat buah jantan dan lalat buah betina (Sumber : Weems dan Fasulo, 2012 *dalam* Rahmawati, 2014).

2.3 Gejala Serangan Lalat Buah

Lalat buah menyerang buah terutama yang hampir masak. Buah yang terserang terdapat lubang kecil dibagian tengah kulitnya. Gejala awal ditandai dengan nota/titik bekas tusukan ovipositor (alat peletak telur) lalat buah betina saat meletakkan telur kedalam daging buah. Telur yang telah menjadi larva berkembang dan memakan daging buah sehingga menyebabkan buah busuk sebelum masak dan meluasnya lubang atau noda pada bagian kulit buah (Gambar 3.). Proses peletakkan telur lalat buah dipengaruhi ketebalan kulit buah dan kadar buah pada varietas buah (Meuna dkk., 2016). Aktivitas lalat buah seperti kawin dan peletakkan telur dipengaruhi oleh keadaan iklim (Siwi, 2005 *dalam* Susanto dkk., 2017).



Gambar 3. Gejala lalat buah pada buah belimbing (Sumber : Tani Belajar, 2017).

Buah jika dibelah terdapat ulat-ulat kecil berukuran 4 – 10 mm dan meloncat apabila disentuh pada daging buah dan kerugian mencapai 30 – 60% (Van Sauers-Muller, 2005 *dalam* Sunarno dan Stefen, 2013). Menurut Tan dan Serit (1994) *dalam* Meuna dkk. (2016), menyatakan bahwa disebabkan warna buah yang menarik, buah yang matang beraroma menyengat, dan tingkat kekerasan buah (lebih empuk) agar lalat buah betina dapat meletakkan telurnya. Jika semakin tinggi tingkat kematangan buah maka semakin tinggi tingkat kerusakan buahnya.

Intensitas serangan lalat buah semakin meningkat saat buah-buahan dan sayuran beriklim sejuk, kelembapan tinggi, dan angin tidak terlalu kencang (Susanto dkk., 2017). Tingkat serangan dipengaruhi oleh curah hujan, jika curah hujan yang tinggi dapat meningkatkan populasi yang tinggi (Putra, 1997 *dalam* Susanto dkk., 2017).

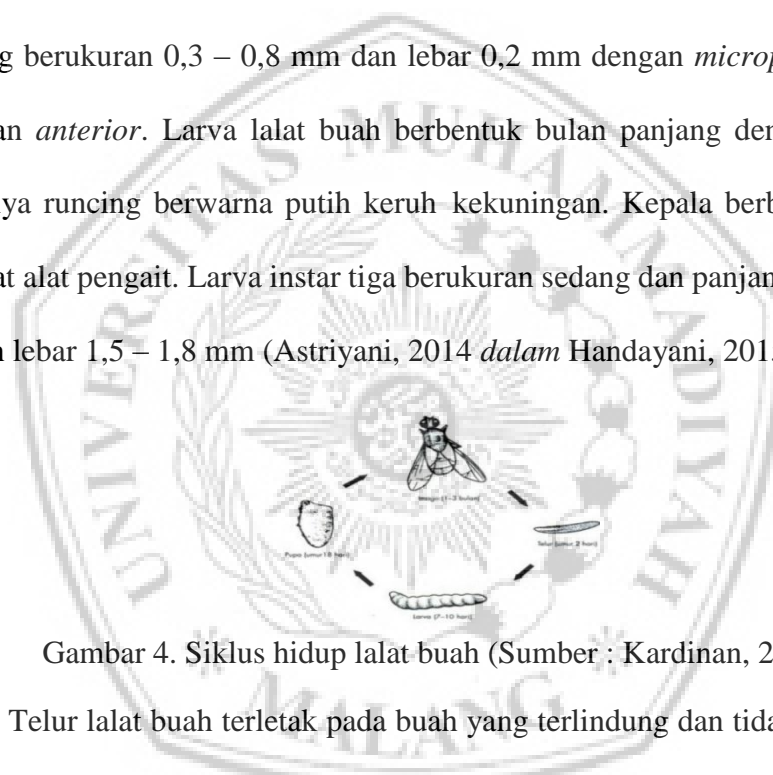
2.4 Siklus Hidup dan Faktor Perkembangan Populasi Lalat Buah

Lalat buah merupakan serangga yang mengalami metamorfosis sempurna (holometabola) yaitu terdiri dari tahap telur, larva (balatung), pupa (kepompong), dan imago (lalat dewasa) (Gambar 4.). Siklus hidup lalat buah saat musim panas sekitar tiga minggu dan pada musim hujan mencapai dua bulan (Weems dan Fasulo, 2011 *dalam* Rahmawati, 2014). Daur hidup lalat buah dengan berbagai spesies disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Daur hidup lalat buah dengan berbagai spesies (White dan Elson-Harris, 1992).

Spesies lalat buah (<i>Bactrocera</i> sp.)	Daur hidup (hari)
<i>Ceratitis capitata</i>	14 – 26
<i>Bactrocera tyroni</i>	19 – 40
<i>Bactrocera dorsalis</i>	20 – 85
<i>Bactrocera oleae</i>	22 – 28
<i>Bactrocera cucurbitae</i>	23 – 72
<i>Anastrepha ludens</i>	23 – 72
<i>Anastrepha fraterculus</i>	36 – 56

Warna telur lalat buah putih atau kekuningan dan bentuk telurnya bulat panjang berukuran 0,3 – 0,8 mm dan lebar 0,2 mm dengan *micropyle protruding* dibagian *anterior*. Larva lalat buah berbentuk bulan panjang dengan salah satu ujungnya runcing berwarna putih keruh kekuningan. Kepala berbentuk runcing, terdapat alat pengait. Larva instar tiga berukuran sedang dan panjang 0,7 – 0,9 mm dengan lebar 1,5 – 1,8 mm (Astriyani, 2014 dalam Handayani, 2015).



Gambar 4. Siklus hidup lalat buah (Sumber : Kardinan, 2003).

Telur lalat buah terletak pada buah yang terlindung dan tidak terkena sinar matahari langsung, buah yang agak lunak, dan permukaan buah kasar (Ditlin Hortikultura, 2006 dalam Isnaini, 2013). Larva berkembang dalam daging buah saat larva menjadi pupa, larva keluar dari buah yang sudah berlubang kecil dan menjatuhkan diri ke permukaan tanah kemudian masuk ke tanah dan menjadi pupa (Djatmiadi dan Djatnika, 2001 dalam Isnaini, 2013).

Lalat buah merusak buah dengan memasukkan telur, telur menetas menjadi larva, dan memakan daging buah sehingga buah menjadi busuk selama tiga hari.

Larva buah menjadi pupa selama dua minggu didalam buah. Pupa berubah menjadi imago yang siap kawin dan meletakkan telur pada buah yang masih baru (Kuesnaedi, 1999 *dalam* Isnaini, 2013).

Perkembangan lalat buah dipengaruhi oleh cahaya matahari karena jika telur terkena cahaya matahari telur tidak akan menetas. Suhu optimal perkembangan lalat buah yaitu 26⁰C. Biasanya lalat buah betina terdapat ditanaman buah-buahan atau sayuran dan lalat buah jantan mengenal pasangannya melalui feromon, kilatan warna tubuh, bercak atau pita pada sayap lalat buah betina. Lalat buah jantan mendatangi lalat buah betina untuk melakukan kopulasi. Lalat buah mampu terbang 4 – 15 mil tergantung kecepatan dan arah angin (Siwi, 205 *dalam* Isnaini, 2013). Menurut Indriyanti dkk. (2014), menyatakan bahwa perkembangan dan persebaran lalat buah dipengaruhi faktor iklim dan kelembapan.

Menurut Murad (2005) *dalam* Kaurow dkk. (2015), menyatakan bahwa jumlah populasi spesies lalat buah dipengaruhi keadaan vegetasi tanaman dan ketersediaan buah-buahan. Jika lebih tinggi ragam vegetasi akan memberikan peluang untuk menangkap lalat buah. Populasi lalat buah dipengaruhi oleh faktor lingkungan, yaitu faktor iklim. Populasi tinggi jika didaerah bercurah hujan cukup tinggi daripada daerah bercurah hujan rendah (Putra, 1997 *dalam* Susanto, 2017).

2.5 Perilaku lalat buah

Perilaku lalat buah sesuai dengan media dan tahap perkembangan di lingkungan yaitu tahap pertama saat buah masih mentil, lalat buah bertebangan di areal tanaman dan mengeluarkan aroma semerbak atau ekstraksi ester dan asam organik dari buah. Tahap kedua saat buah muda, lalat buah hinggap karena aroma

atau ekstraksi ester dan asam organik semerbak dan merangsang pembentukan telur. Tahap ketiga saat buah masak atau tua berwarna kuning, lalat buah hinggap di buah dan bertelur. Tahap terakhir, lalat buah mulai bertebangan meninggalkan pohon karena kesuburan pohon menurun dan buah tercemar atau berulat (Kardinan, 2003 *dalam* Syahfari H. dan Mujiyanto, 2013).

Menurut Kardinan, 2005 *dalam* Syahfari H. dan Mujiyanto (2013), menyatakan bahwa perilaku makan lalat buah dipengaruhi oleh kebutuhan karbohidrat, asam amino, mineral, dan vitamin. Karbohidrat dan air sebagai sumber energy bagi aktifitas dan protein untuk kematangan seksual dan produksi telur. Saat buah setengah masak induk lalat buah menyukai karena buah mengandung asam *askorbat* dan *sukrosa*.

Perilaku lalat buah dirangsang dan dikendalikan oleh senyawa kimia yaitu *semio chemicals*, salah satu jenis senyawa kimia *kairomones*. *Metil eugenol* merupakan salah satu senyawa kimia *kairomones* yang dapat merangsang alat sensor lalat buah. Ketertarikan lalat buah jantan dari jenis *B. carambolae* yang tinggi mengonsumsi *metil eugenol* (Tan dkk., 2011 *dalam* Rahmawati, 2014).

Faktor yang mempengaruhi perilaku lalat buah yaitu faktor abiotik di lingkungan (suhu dan lingkungan). Aktifitas lalat buah mulai aktif pagi hari sampai siang hari, jika sore hari aktifitasnya menurun (Saputu dkk., 2006 *dalam* Rahmawati, 2014), menyatakan bahwa hal itu berkaitan dengan sifat lalat buah yang merupakan hewan bersuhu tubuh tergantung pada suhu lingkungan sekitar disebut *ekstrotem*.

2.6 Pengendalian Lalat Buah

Pengendalian lalat buah yang lebih efektif dan ekonomis yaitu dengan menggunakan atraktan (memikat lalat buah) berbahan aktif *metil eugenol* dengan tiga cara, yaitu (1) memantau atau mendeteksi populasi lalat buah; (2) menarik lalat buah untuk kemudian diperangkap; dan (3) mengacaukan lalat buah dalam berkumpul, perkawinan, dan cara makan (Aulani dkk., 2013)

Senyawa *metil eugenol* ($C_{12}H_{24}O_8$) yaitu zat *food lure* atau zat yang dibutuhkan lalat buah jantan untuk dikonsumsi. Aroma *metil eugenol* (zat memikat lalat buah) mencapai 20 – 100 m, jika dibantu angin mencapai 3 km. *Metil eugenol* terdapat dalam lalat buah jantan akan diproses menjadi zat pemikat (*sex pheromone*) berguna untuk proses perkawinan dan lalat buah jantan mengeluarkan aroma yang berfungsi sebagai daya pikat seksual (*sex pheromone*) (Kardinan, 2005 dalam Aulani dkk., 2013). Menurut Kardinan (2007) dalam Aulia dkk. (2013), menyatakan bahwa *Metil eugenol* dikenal sebagai senyawa *semio chemicals* yang dapat mempengaruhi tingkah laku hewan serangga, seperti perilaku mencari makan meletakkan telur, hubungan seksual.

Atraktan alami diperoleh dari berbagai jenis tanaman yang mengandung senyawa *metil eugenol* atau *eugenol*. Atraktan berfungsi untuk menarik atau mengumpan serangga. Senyawa *metil eugenol* bersifat *volatil* (mudah menguap), cairan bening atau kuning pucat, dan memberikan aroma khas seperti tanaman asli (Kardinan, 2005 dalam Simbolon dkk., 2015). Jenis tanaman yang mengeluarkan aroma *eugenol* yang dapat digunakan untuk mengendalikan serangan lalat buah yaitu selasih (*Ocimum* sp.) mengandung senyawa *metil eugenol* 63% (Yoandestina,

2013 *dalam* Ruswandi, 2017) dan memerangkap lalat buah jumlah rerata 282,0 ekor dengan konsentrasi 80% (Oktaviani dkk., 2015). Tanaman serai (*Andropogon nardus* L.) mengandung minyak atsiri *metil eugenol* 32 – 45% (Wardani, 2009). Hasil penelitian Effendy dkk (2010), menyatakan bahwa bunga cengkeh (*Eugenia aromatica* L.) senyawa *eugenol* mencapai 70 – 90% dan hasil penelitian Susila dkk. (2014) *dalam* Susila dkk. (2015), menyatakan bahwa minyak atsiri buah pala mengandung *metil eugenol* 8,33%.

Hasil penelitian effendi dkk. (2010), menyatakan bahwa lama masa aktif atraktan dipengaruhi banyaknya kandungan *eugenol* atau *metil eugenol* yang terdapat pada ekstrak tanaman. Semakin sedikit kadungan *metil eugenol* maka semakin cepat sifar atraktan (zat penarik/pemikat) lalat buah hilang. Kecepatan hilangnya atau menguapnya senyawa ini dalam ekstrak tanaman dipengaruhi temperatur dan kecepatan angin.

2.7 Ekstrak Selasih (*Ocimum* sp.)

Daun dan bunga mengandung senyawa *metil eugenol* atau disebut *food lure* yang dibutuhkan lalat buah jantan mencium aroma senyawa *metil eugenol*, lalat buah akan berusaha mencari sumber aroma tersebut (Oktaviani dkk., 2015). Menurut Kardinan (2003) *dalam* Oktaviani dkk. (2015), menyatakan bahwa tanaman selasih mengandung senyawa-senyawa aktif yaitu *methyl eugenol*, *eugenol*, *linalool*, *ocimene*, *eucalyptol*, *chompor*, *geraniol*, dan *methyl cinnamete*.

Campuran minyak selasih dan serai berfungsi ganda karena dapat memerangkap (membunuh) lalat buah jantan dan menghambat peletakkan telur betina (Kardinan dan Muhammad, 2010). Kandungan pada daun tanaman selasih

ungu adalah minyak *atsiri*, *tannin*, *saponin*, dan *flavonoid*. Kandungan daun selasih ungu berumur dua bulan sekitar 80% dengan rendemen minyak 0,15%, berumur tiga bulan kandungan rendemen 0,85%. Minyak dari daun mengandung *eugenol* (5,2%), *metil eugenol* (64,5), *linalool* (2,3%), *siniol* (4%), *terpenol* (1%), dan dari bunga kandungan *metil eugeol* 74,5% (Kardinan, 2007 dalam Shahabuddin, 2011).

2.8 Ekstrak Serai (*Andropogon nardus* L.)

Daun dan akar pada tanaman serai terkandung senyawa *sapohin* yaitu kelompok senyawa *ter-penoid* yang tidak mudah menguap, *polifenol*, dan *flavanoida* (Aulani dkk., 2013). Hasil dari penyulingan minyak atsiri disebut *oleum citronellae*, terdiri *sitronelal* dan *geraniol* digunakan sebagai menghalau nyamuk. Komponen kandungan minyak atsiri dari serai adalah *metil uegenol* (34 – 45%), *geranil asesat* (3 – 8%), *sitronelol* (11 – 15%), *geraniol* (12 – 18%), *sitronelil asesat* (2 – 4%), *eugenol*, *elemol*, *kadinen*, *vanillin*, *sitral*, *elemol*, *kamfen*, *limonene*, *kadinol* (Wardani, 2009).

Kandungan serai wangi *geraniol* (18,42%) dan *sitronelo* (39,17%) bersifat penolak serangga (*repellent*) dan menghambat penularan lalat buah (Kardinan dan Muhammad, 2010). Menurut anonim (2009) dalam Aulani dkk. (2013) menyatakan bahwa minyak serai mengandung campuran berbahan hayati hasil metabolisme tumbuhan yaitu *aldehide*, *ester*, *keton*, *terpene*, dan *alkohol*. Berbahan hayati metabolisme berperan ganda dalam mengusir dan menangkap serangga.

2.9 Ekstrak Cengkeh (*Eugenia aromatica* L.)

Cengkeh digunakan untuk atraktan (zat pemikat/menarik lalat buah) terutama lalat buah jantan dan menghasilkan minyak atsiri pada bunga dengan

kadar kandungan 20%, di batang 6%, dan di daun 4%. (Kardinan, 2003 *dalam* Effendy dkk., 2010). Menurut Effendy dkk. (2010), menyatakan bahwa minyak cengkeh mengandung senyawa kimia terdiri dari *eugenol asesat*, *eugenol*, dan *kariofilin*. Senyawa *eugenol* mencapai 70 – 90% (Bintaro, 1986 *dalam* Effendy dkk., 2010). Menurut Guenther (1950) *dalam* Nurdjannah (2004), menyatakan bahwa bunga cengkeh yang utuh dalam proses destilasi menghasilkan kadar eugenol tinggi dan bobot jenis di atas 1,06 dan bunga cengkeh yang digiling menghasilkan minyak dengan kadar eugenol dibawah bobot jenis 1,06.

2.10 Ekstrak Pala (*Myristica fragrant*)

Minyak atsiri buah pala mengandung 20 senyawa kimia yaitu *limonene* (3,7%), *sabinene* (34,6%), *myristicin* (3,3%), α -*pinene* (19,0%), β -*pinene* (11,3%), dan lain-lain (Lawrence, 1990 *dalam* Susila dkk., 2015). Buah pala mengandung minyak terbang yaitu *pinen*, *kampen* (zat pembius), *miristin*, *pinen*, *eugenol*, *saprol*, *iso-eugenol*, *alkohol*, *glicelida* (*asam oleat*, *borneol*, *asam miristinat*, *giraniol*), lemak, protein, gula, pati, vitamin A, B1, C, dan minyak tetap mengandung *trimyristin* (Pelawi, 2010 *dalam* Susila dkk., 2015).

Menurut Susila dkk. (2014) *dalam* Susila dkk. (2015), menyatakan terdapat kandungan *methyl eugenol* (8,33%), *caryophyllene* (0,62%), *myristicine* (6,58%), *methylis ougenol* (5,02%), 1,2,3 *trimethyl-5-(2-propenyl benzene)* (3%), *terpinolene* (1,11%), senyawa kimia *camphene* (0,89%), *carene* (3,33%), *terpinolene* (2,91%), α -*cubebe* (1,11%), dan 5-1-(*propenyl*) 1-3-benzodioole (1,13%).